

FLOTAÇÃO EM COLUNA DE SILICATOS DE UM MINÉRIO FOSFÁTICO

A.A.M. Silva¹, M.C.B. Fortes¹, S.P. Ceolin¹, C.H. Ataíde¹, R.C. Guimarães², M.A.S. Barrozo¹

1 – Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Faculdade de Engenharia Química, Av. João Naves de Ávila, 2160
Campus Santa Mônica CEP 38400-089 Uberlândia, MG Fone (34) 3239 4292
e-mail: mcbfortes@prove.ufu.br, masbarrozo@ufu.br

2 – Bunge Fertilizantes, Av. Arafértil, 5000 CEP 38184-270 Araxá, MG

RESUMO

O principal destino do minério fosfático é a agricultura, com 80% direcionado à produção de fertilizantes, 12% à de detergentes, 5% à alimentação animal e 3% a usos diversos. A concentração de fosfato contido nesse minério se faz, principalmente, pela técnica de flotação. No Brasil, dentre os três grandes grupos empresariais, que produzem mais de 90% da oferta nacional de fosfato, está a Bunge Fertilizantes. Esta empresa extrai de suas jazidas 1,4 milhão de toneladas/ano de rocha fosfática e atua em todas as etapas da produção, desde a mineração, passando pelo processamento químico até a entrega do produto final. Atualmente, o minério fosfático lavrado em Araxá possui elevado teor de ganga (silicatos), o que interfere no processo de flotação da apatita. Diante da necessidade de pesquisa e desenvolvimento de novas condições operacionais para o beneficiamento desse minério, este trabalho aborda a separação de silicatos por uma flotação catiônica reversa, em coluna, utilizando uma alquilamina como coletor, em pH alcalino. Para a avaliação das principais variáveis, em coluna de bancada, foi utilizada uma abordagem de planejamento estatístico dos experimentos e da técnica da superfície de resposta. Dos resultados, concluiu-se que é viável a flotação seletiva dos silicatos, utilizando-se no condicionamento do minério elevadas dosagens de coletor e depressor, durante um mais alto tempo de condicionamento do coletor e operando a coluna nos mais baixos valores explorados de vazão de ar, vazão de água de chuva e vazão de reciclo. Desta forma, foi possível gerar um produto com as especificações desejáveis para uma futura flotação da apatita, com o teor de 8,1% de SiO₂ no produto de fundo e uma perda de 6,0% de P₂O₅ no concentrado.

PALAVRAS-CHAVE: flotação catiônica reversa, coluna de flotação, silicatos.

1. INTRODUÇÃO

A demanda nacional de rocha fosfática responde diretamente ao consumo de fertilizantes, ácido fosfórico, produtos químicos e ração animal. A concentração de fosfato contido no minério se faz, principalmente, pela técnica de flotação.

Quanto às reservas mundiais, o Brasil ocupa a décima primeira posição, com cerca de 230 milhões de toneladas de concentrado de rocha fosfática (DNPM - Sumário Mineral, 2004). Minas Gerais com mais de 50% da produção, junto a São Paulo e Goiás produzem aproximadamente 90% da oferta nacional, capitaneada por três grandes grupos empresariais (Paula, 2002). Porém, pressionada pelo crescimento da economia agrícola, a produção de rocha fosfática em 2004 atingiu 6.074 mil toneladas, 8,7% maior que a do ano anterior. O consumo de rocha fosfática é superior à produção interna, exigindo-se adicionais externos da ordem de 1,6 milhão de toneladas em 2004. O continente africano é principal no fornecedor de rocha fosfática ao País, haja vista que 50% das importações brasileiras, são oriundas do Marrocos e Argélia (DNPM - Informe Mineral, 2005).

O produtor de fosfato vem deparando-se com um grande problema: o esgotamento do minério atualmente lavrado e que ocorrerá de médio a longo prazo. Diante disso, vem tornando-se necessária a pesquisa e o desenvolvimento de novas rotas operacionais para o processamento destes minérios, principalmente no que diz respeito ao aumento dos minerais contaminantes e/ou diluentes presentes na rocha fosfática.

Atualmente, a Bunge Fertilizantes S.A., é a maior produtora de fertilizantes do País, produzindo cerca de 5,5 milhões de toneladas deste produto e 400 mil toneladas de fosfato bicálcico, contando ainda, com um aumento crescente de aproximadamente 4 % ao ano na produção de fertilizantes (Homepage Bunge, 2005). Esta empresa tem em vista a necessidade de um aproveitamento racional de suas jazidas de fosfato do Barreiro (Araxá/MG) devido ao aumento da concentração de silicatos no minério lavrado.

Na literatura, diversos trabalhos técnicos abordam a separação de silicatos e quartzo indicando, principalmente, uma flotação catiônica reversa através de coletores catiônicos, geralmente, aminas, trabalhando-se em pH alcalino e a depressão da apatita com uso de amido ou modificadores específicos (Klimpel, 1992; Houot, 1982 *apud* Zhong *et al.*, 1993; Oliveira e Luz, 2003; Sis e Chander, 2003; Pearse, 2005).

Este trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade da separação de silicatos, do minério fosfático do Barreiro (Bunge Fertilizantes S/A, Araxá/MG), por uma flotação catiônica reversa, em coluna, utilizando uma alquilamina como coletor. A avaliação do processo de separação foi realizada com base no teor de SiO₂ no produto de fundo e na perda de P₂O₅ no concentrado.

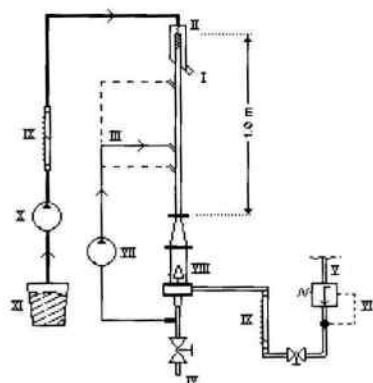
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra foi coletada no circuito de processamento do minério fosfático do Barreiro (Bunge Fertilizantes S/A, Araxá/MG), de um ponto anterior a flotação da apatita do circuito de grossos. Na Tabela I é apresentada a composição química da amostra de alimentação utilizada nos experimentos de flotação.

Tabela I Composição química da amostra de alimentação.

Espécie Química	Composição (%)
P ₂ O ₅	22,47
CaO	27,91
Fe ₂ O ₃	17,76
SiO ₂	13,53
Al ₂ O ₃	2,31
MgO	1,50
BaSO ₄	0,71

A separação dos silicatos foi feita por flotação catiônica reversa, em coluna de batelada cilíndrica, construída em acrílico, de dimensões: 1,48 m de altura e diâmetro interno de 40 mm. Ligada à parte inferior da coluna, havia uma linha de ar comprimido acoplada a um meio poroso cônico para promover a distribuição do ar, a uma altura média da coluna era feito o reciclo do produto de fundo e no topo da coluna havia um lavador de espuma, ambos impulsionados por bomba peristáltica. Um esquema da unidade experimental pode ser visto na Figura 1.



Legenda

- | | |
|-----|--|
| I | Saída de concentrado |
| II | Lavagem de espuma |
| III | Reciclo da carga circulante |
| IV | Descarga do produto de fundo |
| V | Linha de ar comprimido |
| VI | Válvula automática de redução de pressão |
| VII | Bomba peristáltica do reciclo |
| IX | Rotâmetro |
| X | Bomba peristáltica do lavador |
| XI | Reservatório de água de lavagem |

Figura 1 – Esquema da unidade experimental com coluna de flotação.

Os reagentes utilizados foram: Flotigam EDA (Clariant) como coletor (concentração de 2%), fubá de milho gelatinizado como depressor da apatita (concentração de 2%) e solução de NaOH a 10% como regulador de pH. A polpa foi preparada sob sistema de agitação mecânica, mantendo-se o pH em 9,5, para uma concentração de 15% de sólidos.

Ao final do condicionamento da polpa, essa era alimentada no topo da coluna e dava-se início ao teste de flotação. Quando a interface polpa-espuma atingia o topo da coluna, a válvula de descarga era aberta encerrando-se o teste. O flotado e o produto de fundo, coletados em recipientes distintos, eram deixados na estufa por 12 horas a 60°C. O material seco era pesado e levado para a determinação do teor das espécies químicas presentes nas amostras, utilizando-se o espectrômetro de fluorescência de raios X (Philips).

Em todos os testes de flotação, também na preparação dos reagentes, foi utilizada água de processo oriunda da usina de concentração da Bunge Fertilizantes (Araxá/MG).

Estudou-se a influência das variáveis operacionais, tais como a vazão de ar, a vazão de chuveiro e a vazão de reciclo, bem como a influência de algumas variáveis no condicionamento da polpa: dosagem de coletor, dosagem de depressor e tempo de condicionamento do coletor.

A fim de se identificar as condições operacionais mais adequadas, foi utilizado, no desenvolvimento do trabalho, além de testes exploratórios, o método de planejamento fatorial de experimentos, que, de forma sistemática, permite estudar as combinações das variáveis e os efeitos da sua alteração. O planejamento fatorial a dois níveis e o planejamento composto central, com duas réplicas no centro e α (nível extremo adimensional) igual a 1,287, foram usados como principais ferramentas de planejamento. Os resultados foram analisados através de regressão múltipla e da técnica de superfície de resposta, por meio do “software” Statística®.

A avaliação do processo de flotação de silicatos foi realizada com base no teor de SiO_2 no produto de fundo e na perda de P_2O_5 no concentrado. Isto porque, o produto de fundo dos testes de flotação constitui o material que continuará no processo de concentração da apatita, enquanto o concentrado representa o material de descarte do processo. São considerados satisfatórios teores de SiO_2 no produto abaixo de 8% e perda de P_2O_5 no concentrado até 10%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela II são apresentadas as variáveis estudadas com os níveis estabelecidos e os resultados dos testes de flotação, para o teor de SiO_2 no produto de fundo e a perda de P_2O_5 no concentrado, para todos os experimentos realizados neste trabalho, compreendendo portanto, todos os planejamentos estatísticos utilizados.

Com base nos resultados apresentados na Tabela II, observa-se, em geral, que foram alcançados, em alguns testes, os níveis desejáveis de teor de SiO_2 no produto de fundo abaixo de 8% e perda máxima de 10% de P_2O_5 no concentrado, porém de maneira não simultânea. Em função disso, fez-se uma análise estatística dos resultados, objetivando encontrar condições ótimas para as duas respostas.

Tabela II Variáveis estudadas e resultados dos testes de flotação.

Teste	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Resultados	
	Vazão de ar (L/h)	Vazão de chuveiro (L/min)	Vazão de reciclo (L/min)	Dosagem de coletor (g/t)	Dosagem de depressor (g/t)	Tempo de condicionamento do coletor (min)	Teor de SiO ₂ (%)	Perda de P ₂ O ₅ (%)
1	120	0,40	0,63	400	400	2	8,51	24,3
2	120	0,40	0,51	400	400	2	7,50	21,7
3	120	0,20	0,63	400	400	2	6,78	18,9
4	120	0,20	0,51	400	400	2	6,22	23,0
5	80	0,40	0,63	400	400	2	6,99	23,1
6	80	0,20	0,63	400	400	2	8,19	14,9
7	80	0,20	0,51	400	400	2	6,68	15,5
8	80	0,40	0,51	450	450	5	7,59	10,7
9	80	0,40	0,51	450	450	2	8,32	13,4
10	80	0,40	0,51	450	350	5	8,81	17,2
11	80	0,40	0,51	450	350	2	8,09	16,2
12	80	0,40	0,51	350	450	5	10,07	11,6
13	80	0,40	0,51	350	450	2	7,36	16,6
14	80	0,40	0,51	350	350	5	8,87	10,8
15	80	0,40	0,51	350	350	2	6,88	17,5
16	60	0,40	0,39	450	550	10	9,40	6,1
17	60	0,40	0,39	450	450	10	12,59	8,1
18	60	0,40	0,39	350	550	10	10,23	9,0
19	60	0,40	0,39	350	550	5	10,04	10,1
20	60	0,40	0,39	350	450	10	9,82	9,8
21	60	0,40	0,39	350	450	5	8,99	11,7
22	40	0,40	0,27	450	450	5	12,41	11,0
23	60	0,40	0,39	400	400	10	15,09	10,2
24	60	0,40	0,51	400	400	2	9,33	16,1
25	60	0,50	0,39	400	400	2	10,82	19,8
26	60	0,40	0,39	400	450	2	13,12	15,0
27	60	0,40	0,39	400	500	2	15,18	18,0
28	80	0,40	0,51	450	450	10	10,90	12,3
29	60	0,40	0,39	450	500	10	7,36	11,4
30	60	0,40	0,39	450	600	10	11,05	10,2
31	80	0,40	0,39	450	550	10	9,91	15,2
32	60	0,50	0,39	450	550	10	10,84	9,9
33	80	0,40	0,51	350	400	5	8,24	14,2
34	80	0,40	0,51	400	350	5	14,25	16,5
35	80	0,40	0,51	400	400	3,5	14,30	11,2
36	80	0,40	0,51	400	335,7	3,5	12,15	12,9
37	80	0,40	0,51	400	464,4	3,5	15,82	9,8
38	80	0,40	0,51	450	550	10	12,02	7,6

Primeiro, buscou-se quantificar os efeitos de cada variável independente nas respostas estudadas. Para isso, foi efetuada uma regressão múltipla dos dados, obtendo-se os parâmetros relacionados às variáveis isoladas, às interações e aos termos quadráticos. As variáveis independentes avaliadas foram adimensionalizadas conforme mostram as equações presentes da Tabela III. Estas variáveis são: vazão de ar (X₁), vazão de chuveiro (X₂), vazão de reciclo (X₃), dosagem de coletor (X₄), dosagem de depressor (X₅) e tempo de condicionamento do coletor (X₆).

A determinação dos parâmetros significativos da regressão foi realizada através de um teste de hipótese utilizando uma *t* de Student com nível de significância de 0,1, ou seja, com uma probabilidade máxima de erro do teste de 10%. As equações empíricas ajustadas para representar a variação do teor de SiO₂ no produto de fundo e a perda de P₂O₅ no concentrado, juntamente com o coeficiente de correlação (r^2) e o valor de F da distribuição de Fisher são apresentadas na Tabela IV.

Tabela III - Adimensionalização das variáveis estudadas.

Variável	Faixa Experimental (ξ)	Adimensionalização
Vazão de ar (ξ_1)	120 L/h a 40 L/h	$X_1 = \frac{(\xi_1 - 90 \text{ L/h})}{30 \text{ L/h}}$
Vazão de chuveiro (ξ_2)	0,50 L/min a 0,20 L/min	$X_2 = \frac{(\xi_2 - 0,40 \text{ L/min})}{0,20 \text{ L/min}}$
Vazão de reciclo (ξ_3)	0,63 L/min a 0,27 L/min	$X_3 = \frac{(\xi_3 - 0,45 \text{ L/min})}{0,18 \text{ L/min}}$
Dosagem de coletor (ξ_4)	335,7 g/t a 464,4 g/t	$X_4 = \frac{(\xi_4 - 400 \text{ g/t})}{50 \text{ g/t}}$
Dosagem de depressor (ξ_5)	335,7 g/t a 600 g/t	$X_5 = \frac{(\xi_5 - 400 \text{ g/t})}{50 \text{ g/t}}$
Tempo de condicionamento do coletor (ξ_6)	2 min a 10 min	$X_6 = \frac{(\xi_6 - 3,5 \text{ min})}{1,5 \text{ min}}$

Tabela IV - Equações estimadas para o teor de SiO₂ no produto de fundo e a perda de P₂O₅ no concentrado.

Equação Estimada	r ²	F _c e F _t
TEOR SiO ₂ = 15,80 + 5,18X ₁ + 5,84X ₂ + 8,32X ₃ + 0,93X ₄ + X ₆ + 3,30X ₁ X ₂ + 13,36X ₁ X ₄ + 1,93X ₁ X ₅ + 0,95X ₁ X ₆ - 6,32X ₂ X ₃ + 11,09X ₂ X ₄ + 10,87X ₃ X ₄ - 0,55X ₄ X ₅ - 3,57X ₁ ² - 11,75X ₂ ² - 5,06X ₄ ² + 0,28X ₅ ²	(2) 0,86	F _c = 7,38 F _t = 4,43
PERDA P ₂ O ₅ = 14,65 + 2,95X ₁ + 5,12X ₂ + 8,06X ₃ - 1,94X ₄ - 2,34X ₆ + 12,54X ₁ X ₂ + 1,76X ₁ X ₅ + 10,28X ₂ X ₃ - 10,74X ₃ X ₄ + 8,93X ₂ ² + 5,0X ₃ ² + 0,41X ₆ ²	(3) 0,84	F _c = 11,05 F _t = 4,31

O resultado de F calculado (F_c) foi superior ao tabelado (F_t), considerando um nível de significância de 1%, para todas as respostas avaliadas. Esta comparação pode ser interpretada através de um teste de hipótese. A hipótese de nulidade (H₀) diz que o modelo não é significativo, enquanto que a hipótese alternativa (H₁) afirma que o modelo é significativo. Os resultados do teste F mostraram que se pode rejeitar H₀ no nível de significância de 1%, ou seja, tem-se uma confiança de 99% de que os modelos são significativos.

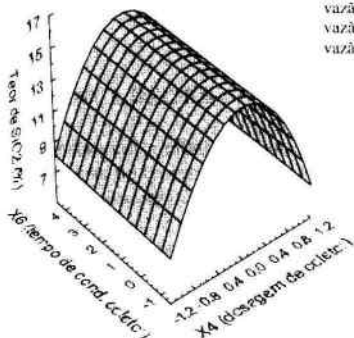
Para a equação do teor de SiO₂ no produto de fundo foi encontrado um valor de 0,86 para o quadrado do coeficiente de correlação da regressão. Este valor indica que 86% da variabilidade dos dados de teor de SiO₂ no produto de fundo foram explicados pela Equação 2. Para a regressão relativa à perda de P₂O₅ no concentrado, tem-se que 84% da variabilidade dos dados de perda de P₂O₅ no concentrado foram explicados pela Equação 3. Os resíduos da regressão foram aleatórios e normalmente distribuídos.

Nota-se, pela análise dos parâmetros das equações de regressão, que todas as variáveis influenciaram nas duas respostas, sejam através dos parâmetros relacionados às variáveis isoladas, ou às suas interações, ou ainda aos termos quadráticos. Esta influência na maioria das vezes atua em sentidos opostos nas duas respostas, observado a partir dos sinais dos parâmetros para cada resposta. Assim, pode-se dizer que as condições que promovem baixa perda de P₂O₅ no concentrado na maioria das vezes são as mesmas que conduzem a altos teores de SiO₂ no produto de fundo.

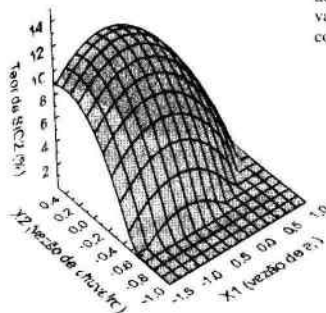
Para uma melhor visualização do efeito das variáveis sobre o teor de SiO₂ no produto de fundo, foram construídas as superfícies de resposta. Em cada uma destas superfícies foram representadas as influências de duas variáveis em uma determinada resposta, fixando os níveis das demais variáveis em uma das condições mais adequadas. Estas superfícies são apresentadas nas Figuras 2 a 4 e foram obtidas utilizando-se a Equação 2 de regressão, apresentada na Tabela IV.

Observa-se a partir da Figura 2 que os menores valores do teor de SiO₂ no produto de fundo foram encontrados para os níveis extremos da dosagem de coletor.

Na superfície de resposta da Figura 3 é visto que é possível obter respostas de teor de SiO₂ no produto de fundo na faixa requerida pela indústria (menor que 8%) para diversos níveis de vazão de ar e de vazão chuveiro, nas condições operacionais estabelecidas: vazão de reciclo de 0,39 L/min, dosagem de coletor de 450g/t, dosagem de depressor de 550 g/t e tempo de condicionamento do coletor de 10 min.



Condições operacionais Figura 2:
dosagem de depressor 550 g/t
vazão de chuva 0,4 L/min
vazão de reciclo 0,39 L/min
vazão de ar 60 L/h

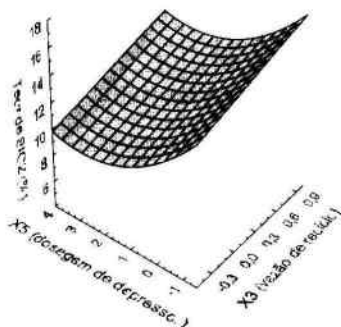


Condições operacionais Figura 3:
dosagem de depressor 550 g/t
dosagem de coletor 450 g/t
vazão de reciclo 0,39 L/min
cond. do coletor 10 min

Figura 2 – Superfície de resposta do teor de SiO_2 no produto de fundo em função da dosagem de coletor (X_4) e do tempo de condicionamento do coletor (X_6) adimensionais.

Figura 3 – Superfície de resposta do teor de SiO_2 no produto de fundo em função da vazão de ar (X_1) e da vazão de chuva (X_2) adimensionais.

A superfície da Figura 4 mostra que, para as condições escolhidas, os menores valores do teor de SiO_2 no produto de fundo foram obtidos para as condições em que são associados elevados valores de dosagem de depressor (550 g/t) com menores vazões de reciclo (0,39 L/min).



Condições operacionais Figura 4:
dosagem de coletor 450 g/t
vazão de ar 60 L/h
vazão de chuva 0,4 L/min
cond. do coletor 10min

Figura 4 – Superfície de resposta do teor de SiO_2 no produto de fundo em função da dosagem de depressor (X_5) e da vazão de reciclo (X_1) adimensionais.

Em relação à resposta perda de P_2O_5 no concentrado, foram também elaboradas superfícies para os mesmos pares de variáveis escolhidos para análise da resposta teor de SiO_2 no produto de fundo. As condições escolhidas para as demais variáveis foram aquelas consideradas mais adequadas. Estas superfícies estão apresentadas nas Figuras 5 a 7.

Na Figura 5 nota-se que para as condições seleccionadas para as demais variáveis, a perda de P_2O_5 no concentrado diminui quando são utilizados simultaneamente elevados tempos de condicionamento do coletor (10 min) e uma elevada dosagem de coletor (450 g/t).

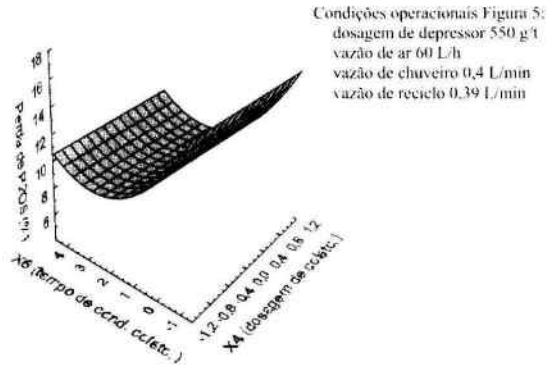


Figura 5 – Superfície de resposta da recuperação de P_2O_5 no concentrado em função da dosagem de coletor (X_4) e do tempo de condicionamento do coletor (X_6) adimensionais.

Comparando o resultado analisado a partir da Figura 5 com aquele apresentado na Figura 2, pode-se inferir que as condições de tempo de condicionamento do coletor igual a 10 min e dosagem de coletor de 450 g/t seriam indicadas para a minimização das duas respostas.

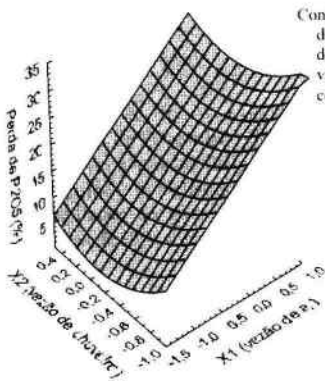


Figura 6 – Superfície de resposta da recuperação de P_2O_5 no concentrado em função da vazão de ar (X_1) e da vazão de chuva (X_2) adimensionais.

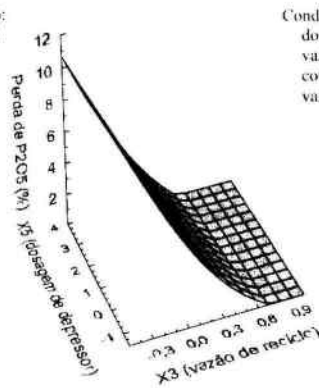


Figura 7 – Superfície de resposta da recuperação de P_2O_5 no concentrado em função da dosagem de depressor (X_5) e da vazão de reciclo (X_3) adimensionais.

Observa-se na Figura 6 que, para diversos níveis de qualquer valor de vazão de chuva, as condições de mais baixos valores de vazão de ar (60 L/h ou 40 L/h) foram aqueles que proporcionaram a obtenção da resposta, perda de P_2O_5 no concentrado, dentro dos níveis desejados. Comparando estes resultados com aqueles apresentados na Figura 3 para o teor de SiO_2 no produto de fundo, conclui-se que a vazão de ar de 60 L/h ou 40 L/h, são as mais adequadas para a obtenção das duas respostas nos níveis desejados.

Observa-se na superfície da Figura 7, que para as condições operacionais estabelecidas (elevada dosagem e tempo de condicionamento do coletor e baixas vazões de ar e de chuva), os valores de perda de P_2O_5 no concentrado ficaram dentro dos níveis desejados para diversos níveis de dosagem de depressor e da vazão de reciclo.

A partir da análise estatística global dos resultados, viu-se que, apesar das condições operacionais que minimizam uma resposta são as mesmas que maximizam a outra, é possível obter condições que conduzem a um produto de fundo com uma boa purificação e com baixa perda de P_2O_5 no concentrado, utilizando-se no condicionamento do minério elevadas

dosagens de coletor e depressor (450 e 550 g/t, respectivamente), durante um mais alto tempo de condicionamento do coletor (10 min) e operando a coluna nos mais baixos níveis de vazão de ar (40 L/h), vazão de água de chuva (0,40 L/min) e vazão de reciclo (0,39 L/min). Um teste experimental foi realizado nestas condições para comprovação da otimização realizada pela técnica da superfície de resposta e foram alcançados os seguintes resultados: um produto de fundo com teor de 8,1% de SiO₂ e no concentrado uma perda de 6,0% de P₂O₅.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise estatística permitiu-se inferir que as condições operacionais da coluna de flotação que proporcionam a diminuição do teor de SiO₂ no produto de fundo na maioria das vezes são as mesmas que aumentam o valor da perda de P₂O₅ no concentrado.

Concluiu-se, também a partir da utilização da técnica da superfície de resposta, que apesar das condições operacionais que minimizam uma resposta são as mesmas que maximizam a outra, utilizando-se no condicionamento do minério elevadas dosagens de coletor e depressor (na faixa de 450 a 550 g/t), durante um mais alto tempo de condicionamento do coletor (10 min) e operando a coluna nos mais baixos níveis de vazão de ar (entre 40 e 60 L/h), vazão de água de chuva (0,40 L/min) e vazão de reciclo (0,39 L/min) foi gerado um produto dentro das especificações requeridas pela indústria. A comprovação da validade desta otimização foi efetuada a partir de teste experimental, nas condições selecionadas, em que foram obtidos os seguintes resultados: teor de 8,1% de SiO₂ no produto de fundo e uma perda de 6,0% de P₂O₅ no concentrado.

Assim, de acordo com a análise dos resultados obtidos no estudo sobre a flotação de silicatos, em coluna de bancada, pode-se concluir que a utilização do coletor Flotigam EDA, nas condições selecionadas, mostrou-se adequado ao processo, com a possibilidade da inclusão da flotação de silicatos em uma etapa anterior a contração da apatita.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Bunge Fertilizantes S.A. pelo apoio técnico e ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bunge Fertilizantes, Brasil, www.bungefertilizantes.com.br, acesso: julho/2005.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, www.dnpm.gov.br, Informe Mineral - Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral, ISSN 1807-0388, 1º Semestre, p. 11, 2005.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral, www.dnpm.gov.br, Sumário Mineral. Fosfato, 2004.

Kimpel, R.R. Froth flotation of silica or siliceous gangue. US PATENT 5,124,028, 1992.

Oliveira, M.L.M., Luz, J.A.M. Flotação Aplicada ao Processamento de Minério Fosfático. Departamento de Engenharia de Minas. Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/MG, (Apostila), 74p., outubro/2003.

Paula, G.M. Consolidando posições na mineração. In: Minas Gerais do Século XXI. Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. Belo Horizonte: Roma Editora, v.5, 158p., 2002.

Pearse, M.J. An overview of the use of chemical reagents in mineral processing. Minerals Engineering, 18, p.139-149, 2005.

Sis, H., Chander, S. Reagents used in the flotation of phosphate ores: a critical review. Minerals Engineering, 16, p.577-585, 2003.

Zhong, K., Vasudevan, T.V., Somasundaran, P. Floatability of apatites of different type and origin: role of surface area and porosity. International Journal of Mineral Processing, 38, p.177-188, 1993.